

COMUNICADO
TÉCNICO

466

Colombo, PR
Março, 2021

Embrapa

Método de produção e estudo de caso de briquetes obtidos pela compactação de resíduo de pupunha

Washington Luiz Esteves Magalhães
Edson Alves de Lima
Mailson Matos
Francielen Paola de Sá
Matheus Sampori Tucunduva Arantes

Método de produção e estudo de caso de briquetes obtidos pela compactação de resíduo de pupunha

Washington Luiz Esteves Magalhães, Engenheiro Químico, doutor em Ciências e Engenharia de Materiais, pesquisador da Embrapa Florestas, Colombo, PR; **Edson Alves de Lima**, Licenciado em Ciências Agrícolas, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Florestas, Colombo, PR; **Mailson Matos**, Engenheiro Químico, doutorando em Engenharia e Ciência dos Materiais na Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR; **Francielen Paola de Sá**, Engenheira Florestal, doutora em Engenharia Florestal, bolsista do CNPq na Embrapa Florestas, Colombo, PR; **Matheus Sampori Tucunduva Arantes**, estudante de Engenharia Química na Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR

A palmeira *Bactris gasipaes* Kunth, de origem amazônica, tem uma importante função na culinária brasileira. Essa espécie, popularmente conhecida como pupunha, atinge até 20 metros de altura, gera frutos e suas folhas tenras não expandidas formam o palmito. O plantio da pupunha tem sido muito comum entre os agricultores do litoral do Paraná, com um total de aproximadamente 500 produtores e de nove milhões de pés de pupunha (Folha de Londrina, 2015). Porém, no processo de beneficiamento da pupunha aproveitam-se 30% do produto, sendo 70% da biomassa descartada como resíduo. O tratamento e disposição inadequados dos rejeitos podem levar à uma série de implicações de ordem ambiental e sanitária, tais como a contaminação do lençol freático e de águas superficiais por chorume, a atração de pragas e vetores de doenças (Moraes, 2011).

Além do mais, a alta demanda de energia e a falta de conhecimento de alternativas induzem os agricultores

a consumirem fontes energéticas não adequadas em suas propriedades, como a madeira da Mata Atlântica, ocasionando o desmatamento, a destruição de habitats e a degradação do solo. No propósito de diversificar as fontes de energia renováveis, o uso de resíduos florestais, como as bainhas de pupunha, se torna uma alternativa vantajosa para suprir a alta demanda de energia, com a sua biomassa (Gabardo et al., 2011).

Os briquetes são formados por biomassa compactada para diminuir os custos de transporte e facilitar o seu uso como fonte de energia (Dias et al., 2012).

Neste contexto, o resíduo do beneficiamento da pupunha pode ser utilizado para a produção de energia. Com o intuito de facilitar o manuseio, a estocagem e o transporte dessa biomassa, pode-se compactá-la na forma de briquetes, sem que haja perda de suas características energéticas. Além disso, produz-se a mesma quantidade de energia em um volume menor de material, quando

comparada com uma mesma massa não briquetada (Moraes et al., 2017).

Este comunicado técnico se destina aos beneficiadores de pupunha e apresenta o processo de briquetagem como uma das alternativas para o aproveitamento dos resíduos da palmeira *Bactris gasipaes*. O documento tem o objetivo principal de propor uma metodologia para a produção dos briquetes, abordando os procedimentos envolvidos, bem como as condições a serem consideradas no processo. Também é apresentado um estudo de caso de briquetes produzidos com o uso da metodologia proposta.

Secagem e preparo da biomassa

Em resumo, o processo de briquetagem consiste nas etapas de secagem, moagem, seguida da aglutinação da biomassa sob pressão e temperatura.

As bainhas externas da pupunha coletadas in natura (Figura 1A) devem ser secas para a remoção da grande quantidade de água presente na biomassa, que pode chegar a 85% de sua composição. A secagem deve ser conduzida até que se atinja a umidade desejada para a produção dos briquetes (entre 10% e 15%). Para a secagem, pode-se utilizar um secador solar (Figura 2) fabricado por Arantes et al. (2019), com base nas orientações fornecidas pela Embrapa Amazônia Oriental (Secador..., 2008). Vale salientar que diversas técnicas de

Fotos: Francielen Paola de Sá



Figura 1. Bainha de pupunha após a coleta no campo, com teor de umidade de 85% (A); bainha após o processo de secagem e com teor de umidade de 12% (B).

Foto: Edson Alves de Lima



Figura 2. Secador solar passivo para a secagem de biomassa, instalado na Embrapa Florestas

secagem podem ser utilizadas, algumas simples e econômicas, e outras mais sofisticadas como aquela envolvendo os fornos rotativos, secagem do tipo “flash”. A escolha do sistema de secagem deve levar em consideração a viabilidade econômica do processo (Dias et al., 2012).

Após a secagem, a balsa deve ser triturada e, ou moída (Figura 3) até que se obtenha a granulometria desejada para a produção dos briquetes. Nesse processo pode ser utilizada uma ampla variedade de moinhos, tais como o moinho de facas, o moinho de bolas e trituradores.

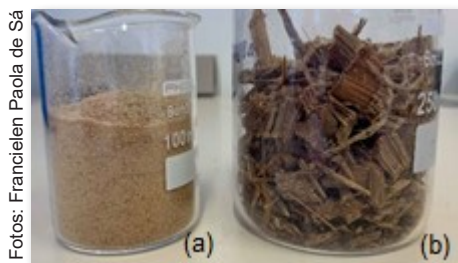


Figura 3. Balsa de pupunha moída em moinho de facas (a); Balsa triturada (b).

Processo de briquetagem

Para a produção dos briquetes são utilizadas prensas briquetadeiras. Existem dois tipos de prensas: as que atuam por extrusão e as que atuam por pressão. Vale salientar que as características dos briquetes serão influenciadas pelo tipo de briquetadeira usado (Dias et al., 2012). A escolha do

equipamento deve basear-se na escala de processo e na viabilidade econômica considerados. A Figura 4 apresenta uma briquetadeira que atua por pressão, com uso de pistão.



Figura 4. Briquetadeira Lippel LB 32.

Durante o processo de produção de briquetes, pode-se variar a quantidade (que depende do modelo do equipamento utilizado), umidade (de 10% a 15%) e granulometria do material, a temperatura de operação da briquetadeira e a pressão de compactação (Quirino, 1991; Dias et al., 2012).

Quando se realiza o processo de compactação com umidades muito baixas (abaixo de 10%), há dificuldade

para a agregação do material. Umidade acima de 15%, no entanto, leva à liberação de água durante a prensagem do material, podendo causar a expansão dos briquetes. Referente à granulometria, a utilização de material moído pode gerar briquetes de maior densidade, contudo podem apresentar menor fator de coesão. Com respeito à temperatura, caso muito elevada (valores maiores que 140 °C) tendem a evaporar intensamente a água presente no material, o que levaria a um aumento na pressão interna do briquete, podendo causar a sua expansão e, ou quebra. No caso da pressão, valores baixos (menores que 30 bar) podem não ser suficientes para agregar o material, enquanto valores muito elevados (acima de 100 bar) podem causar expansão radial após o processamento.

As condições ideais ao processo variam em função do equipamentos e processos utilizados. Portanto, um estudo de caso deve ser realizado, para determinar tais condições.

Avaliação dos briquetes

Os briquetes devem ser avaliados quanto: à presença de imperfeições visuais oriundas de defeitos de produção; à taxa de retorno em comprimento, à sua densidade e ao fator de coesão.

A taxa de retorno em comprimento avalia a estabilidade dimensional do briquete após a sua produção. O ideal é não ter nenhum retorno, porém, é muito

comum ocorrer a expansão em briquetes, após alguns dias, pela sua interação com o ar do ambiente. Para a avaliação do retorno em comprimento, deve-se medir o comprimento do briquete (Figura 5A) em quatro pontos distintos. As medidas devem ser obtidas por meio de paquímetro, no dia da produção e no dia subsequente à produção. O percentual do retorno em comprimento deve ser calculado com o uso da Equação 1. Deve-se realizá-las em, no mínimo, cinco briquetes.

$$R = \frac{\overline{L_1} - \overline{L_0}}{\overline{L_0}} \times 100 \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

R = Retorno em comprimento (%)

$\overline{L_0}$ = Comprimento médio no dia da produção (cm)

$\overline{L_1}$ = Comprimento médio no dia subsequente ao dia da produção (cm)

A densidade aparente é influenciada pela agregação das partículas. Quanto maior a densidade aparente maior é a resistência final do produto, e facilita a estocagem e transporte dos briquetes. Além disso, a densidade aparente influencia na densidade energética do briquete. Quanto maior a densidade aparente, maior a razão entre a energia produzida e o volume de material (Dias et al., 2012). A densidade aparente deve ser calculada mediante utilização do volume do briquete (Equação 2) no dia da análise, com o uso do comprimento e diâmetro médios de cada briquete (Figura 5) e sua respectiva massa, conforme a

Equação 3. Deve-se realizar no mínimo cinco repetições.

$$V = \overline{L}_0 \cdot \pi \cdot \frac{\overline{D}_2}{4} \quad (\text{Equação 2})$$

$$d = \frac{m}{V} \quad (\text{Equação 3})$$

Onde:

\overline{V} = Volume médio (cm³)

\overline{L}_0 = Comprimento médio no dia da produção (cm)

\overline{D} = Diâmetro médio (cm)

d = Densidade aparente (g cm⁻³)

m = Massa (g)

O fator de coesão determina o índice de friabilidade do briquete, provocada durante o seu transporte e manuseio (Padilla et al., 2016). Quanto maior a porcentagem de coesão, melhor o resultado da sua composição física. O teste de fator de coesão deve ser realizado em um friabilômetro (Figura 6), operando

com rotação de 25 rpm, por 6 minutos, para cada briquete. O fator de coesão é calculado pela razão entre a massa do briquete após o teste e a massa antes do teste (Equação 4), resultando no valor da porcentagem de corpos de prova não quebrados. Para este parâmetro são considerados aceitáveis valores superiores a 97%.

$$F = \frac{m_f}{m_i} \times 100 \quad (\text{Equação 4})$$

Onde:

F = Fator de coesão (%)

m_f = massa após o teste (g)

m_i = massa antes do teste (g)

A Figura 7 mostra os dois defeitos que podem ocorrer na produção dos briquetes: a expansão radial na extremidade e a quebra. Os defeitos são causados principalmente devido à expansão do vapor de água, gerado a partir da água presente no material, ao ser aquecido.

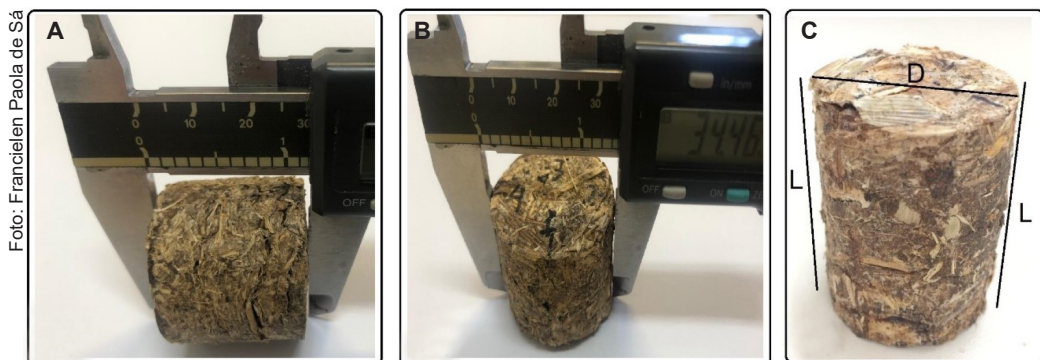


Figura 5. Forma indicada para as medições dos briquetes com um paquímetro; medida do comprimento (A); medida do diâmetro (B); localização dos componentes a serem medidos em um briquete sem defeitos, L: comprimento, D: diâmetro (C).

Foto: Francielen Paola de Sá



Figura 6. Friabilômetro utilizado para a determinação do fator de coesão dos briquetes.

Estudo de caso

Esse tópico avalia as condições ideais para a produção de briquetes mediante metodologia e as sugestões apresentadas nesse documento. Para isso, a baina da pupunha foi coletada in natura e cedida por uma agroindústria localizada em Antonina, PR. Após secagem em secador solar (Figura 2) (conforme o descrito por Arantes et al., 2019), a biomassa foi fragmentada em um triturador (Trapp TRF 300, Brasil), obtendo-se material com diversos tamanhos (Figura 3b). Os briquetes foram

Fotos: Mailson de Matos

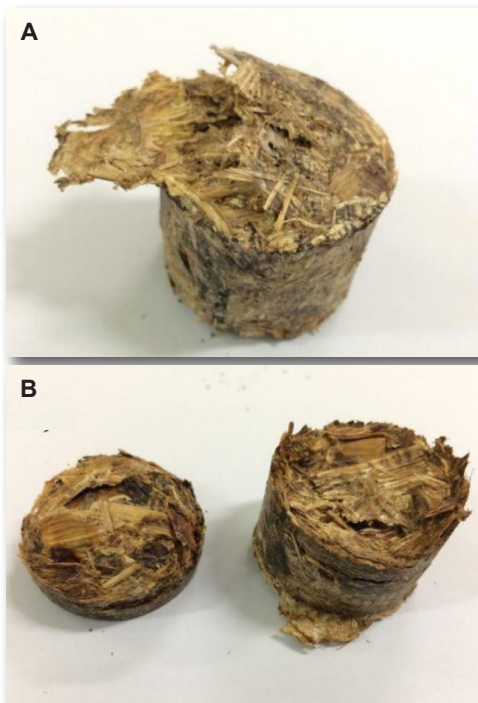


Figura 7. Exemplos de defeitos observados na produção de briquetes: expansão radial na extremidade (A); quebra (B).

obtidos mediante o uso de uma briquetadeira (Lippel LB 32, Brasil) (Figura 4).

A fim de determinar as condições ideais para a produção dos briquetes com a referida briquetadeira, foram avaliados nove diferentes tratamentos de produção de briquetes, combinando pressão e temperatura (Tabela 1). Para cada condição estudada, foram produzidos e utilizados cinco briquetes com peso de $25 \text{ g} \pm 1 \text{ g}$. As medições das dimensões dos briquetes foram realizadas com o uso de um paquímetro digital (Fowler IP67, EUA). Para o teste de fator

Tabela 1. Condições de temperatura e pressão avaliadas na produção dos briquetes.

Temperatura (°C)	Pressão (bar)
90	65
120	95
150	125

de coesão, utilizou-se um friabilômetro (Marconi MA 791, Brasil) operando por 6 minutos e com rotação de 25 rpm para cada briquete.

Após a produção dos briquetes foi observado que aqueles produzidos sob pressão de 125 bar apresentaram expansão radial em todas as temperaturas testadas. Esse mesmo defeito foi observado em todos os valores de pressão

testados, quando a temperatura era 150 °C. A análise dos gráficos de superfície de resposta (Figura 8) e a análise de variância mostraram que a variável temperatura apresentou o maior efeito nas respostas analisadas (densidade e fator de coesão). Já a variável pressão não apresentou efeitos primários ou de interação significativos ao nível de confiança de 95%. Além disso, verificou-se que os briquetes produzidos sob temperatura de 120 °C e pressão de 65 bar apresentaram maiores valores tanto para a densidade como para o fator de coesão. Portanto, esses valores foram considerados como ideais para a produção de briquetes de resíduo de balsa de pupunha, mediante o uso da briquetadeira Lippel LB 32 (Brasil).

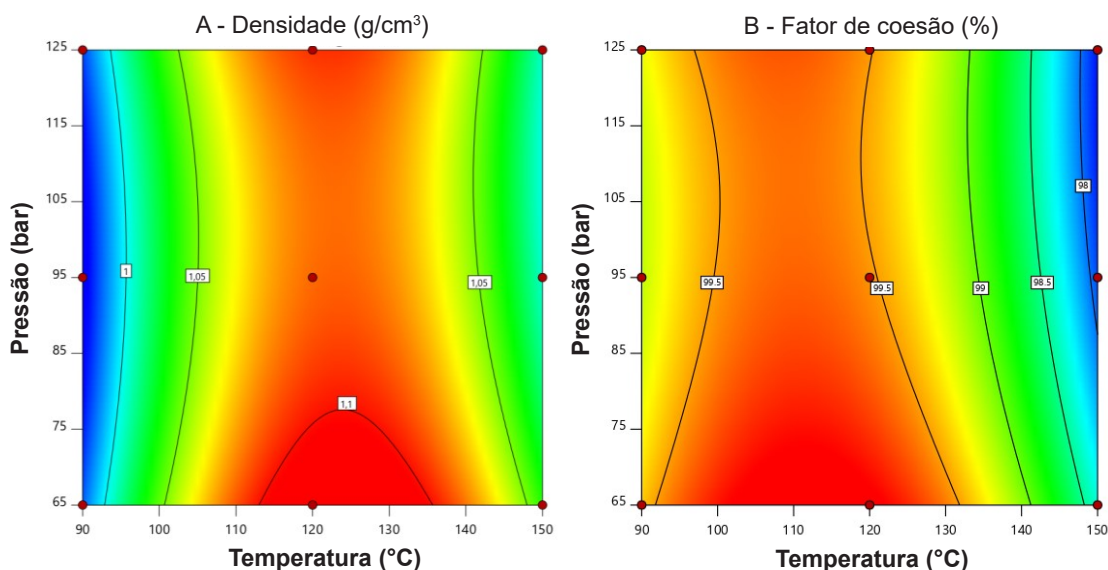


Figura 8. Superfície de resposta para densidade (A) e fator de coesão (B) dos briquetes produzidos em função da temperatura e da pressão.

Considerações finais

Com base nesse estudo de caso, ficou evidente a influência da temperatura na densidade e no fator de coesão de briquetes produzidos com resíduos de plantios de pupunha. Além disso, ficou evidente que altos valores de temperatura e pressão causam defeitos na formação dos briquetes, corroborando com o argumento apresentado na metodologia e nas sugestões. Conclui-se que a metodologia é de fácil aplicação, que os resultados desse estudo de caso refletem as sugestões apresentadas na metodologia. É de suma importância salientar que as condições ideais podem variar de acordo com o equipamento e processo utilizados.

Referências

ARANTES, M. S. T.; LIMA, E. A. de; ZANONI, P. R. S.; SÁ, F. P. de. Avaliação de um secador solar para secagem de resíduos de pupunha. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE BIOMASSA, 4., 2019, Pinhais. **Anais**. Curitiba: Grupo FRG, 2019. p. 46-51

DIAS, J. M. C. S.; SOUZA, D. T.; BRAGA, M.; ONOYAMA, M. M.; MIRANDA, C. H. B.; BARBOSA, P. F. D.; ROCHA, J. D. **Produção de briquetes e péletes a partir de resíduos**

agrícolas, agroindustriais e florestais.

Brasília, DF: Embrapa Agroenergia, 2012. 130 p. (Embrapa Agroenergia. Documentos, 13).

FOLHA DE LONDRINA. **Cultivo envolve 1,5 mil produtores no Paraná**. 4 nov. 2015. Disponível em: <https://www.folhadelondrina.com.br/norte-pioneiro/cultivo-envolve-15-mil-produtores-no-parana-932055.html>. Acesso em: 10 de set. 2020.

GABARDO, R. P.; POIATE, N. M.; LIMA, E. A. de; MAGALHAES, W. L. E. Aproveitamento de resíduos de origem florestal para a produção de carvão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 2., 2011, Londrina. **Anais**. Bauru: Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais, 2011. Publicado na Revista Eletrônica do IBEAS.

MORAES, J. de. **Valor nutritivo e formas de utilização do resíduo de palmito de pupunha (*Bactris gasipaes*) para ruminantes**. 2011. 101 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Instituto de Zootecnia, São Paulo.

MORAES, S. L.; MASSOLA, C. P.; SACCOCCIO, E. M.; SILVA, D. P.; GUIMARÃES, Y. B. T. Cenário brasileiro da geração e uso de biomassa adensada. **Revista IPT: Tecnologia e Inovação**, v. 1, n. 4, 2017.

PADILLA, E. R. D.; PIRES, I. C. S. A.; YAMAJI, F. M.; FANDIÑO, J. M. M. Produção e caracterização físico-mecânica de briquetes de fibra de coco e palha de cana-de-açúcar. **Revista Virtual de Química**, v. 8, n. 5, p. 1334-1346, 2016.

QUIRINO, W. F. Briquetagem de resíduos lignocelulósicos. **Circular Técnica do LPF**, v. 1, n. 2, p. 69-80, 1991.

SECADOR solar para produtos agroflorestais. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2008. 1 folder.

Embrapa Florestas

Estrada da Ribeira, km 111, Guaraituba,
Caixa Postal 319
83411-000, Colombo, PR, Brasil
Fone: (41) 3675-5600
www.embrapa.br/florestas
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

1ª edição

Versão digital (2021)



MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



Comitê Local de Publicações da Embrapa Florestas

Presidente

Patrícia Póvoa de Mattos

Vice-Presidente

José Elidney Pinto Júnior

Secretária-Executiva

Elisabete Marques Oaida

Membros

Annete Bonnet

Cristiane Aparecida Fioravante Reis

Guilherme Schnell e Schühli

Krisle da Silva

Marcelo Frância Arco-Verde

Marcia Toffani Simão Soares

Marilice Cordeiro Garrastazu

Valderês Aparecida de Sousa

Supervisão editorial/Revisão de texto

José Elidney Pinto Júnior

Normalização bibliográfica

Francisca Rasche

Projeto gráfico da coleção

Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica

Neide Makiko Furukawa

Fotos capa:

Francielen Paola de Sá